Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Paper
Vol. 14, No. 4, Winter 2023, p. 487-504

Effect of Harvest Stage and Ratio of Forage Sorghum to Corn Silage on Its Nutritional Value and Degradability

Nafiseh Rahmanian Sharifabad[1], Ehsan Salehifar[2]*, Alireza Foroghi[3]

Received: 15-05-2021
Revised: 26-01-2022
Accepted: 08-02-2022
Available Online: 08-02-2022

How to cite this article:
Rahmanian, N., Salehifar, E., & Foroughi, A. (2023). Effect of harvest stage and ratio of forage sorghum to corn silage on its nutritional value and degradability. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *14*(4), 487-504.
DOI: 10.22067/ijasr.2022.70346.1024

Introduction Fodder sorghum is one of the most important forage plants in arid and semi-arid regions of the world. Maize production is low in arid and high salinity regions around the world, and sorghum due to its adaptation to arid and low water conditions, high water use efficiency, C4 photosynthetic system, high clawing power, high production capacity as wet forage, dry and Silos are a good option in these areas. In the past, sorghum was generally grown in areas that were unfavorable for growing corn, but today, with the advent of hybrid fodder sorghums, it produces under ideal conditions corn-like crops, and where moisture is a limiting factor and may have a higher yield than corn. Recently, frequent droughts in Iran have attracted the attention of farmers and livestock breeders to other forages such as sorghum, and due to the limited growing season of this forage, its use as a silo is common. Stage of growth is one of the most important factors influencing nutritional quality of fodder silages .As the fodder matures, the cytoplasmic portion of the cell reduces and the quantity of protein, lipids, soluble carbohydrates and soluble minerals decrease. Due to the drought occurrence on large parts of Iran and the adaptation of sorghum to drought conditions, a very few studies have been done on its chemical composition and nutritional value. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effect of plant growth stage and mixing of corn and sorghum on chemical composition and degradability of corn and sorghum silage.

Materials and Methods In order to evaluate the effects of harvesting steps and the ratio of forage sorghum blending on nutritional value and its degradability compared to corn silage, this experiment were performed using 45 experimental silos in a factorial experiment based on a completely randomize design with 15 treatments and 3 replications. Experimental groups consist of: sorghum harvest time (first factor) including: 1) before flowering (emergence of flag leaf), 2) about 10-15 percent flowering, and 3) soft seed soils. Sorghum harvested at each of the above time with forage corn with ratios of corn fodder to sorghum (second factor): 100%: 0%, 75%: 25%, 50: 50%, 25%: 75% and % 0: 100% was mixed. Silage samples were analyzed for Dry matter, crude protein, Ash and crude fat according to AOAC (2005) methods. *In situ* ruminal degradation kinetics parameters of DM, CP and NDF of experiment treatments were estimated using the nylon bag technique. Degradation of dry matter at times zero, 2, 4, 8, 16, 24, 48 and 72 9 hours was determined.

Results and Discussion The results of this experiment indicated dry matter, crude protein had an upward trend with growth progression. While, the amount of crude fat, soluble sugar decreased significantly with plant growth. Ash content fluctuated during the growth stages, so that its amount was the lowest in flowering stage and was the highest during the vegetative stage (before flowering). The highest pH was observed in the soft dough stages and the mixing ratio of 25% corn and 75% sorghum, which indicates more proteolysis of silage. The lowest amount of ammonia nitrogen was observed in the soft dough phase treatment with 50% corn and 50% sorghum ratio and the highest amount of lactic acid was observed in the soft dough stage treatment with

1- Graduate of M.Sc, Department of Agricultural science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agricultural science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.
3- Associate Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Educatin Center, AREEO, Mashhad, Iran.
*Corresponding Author Email: e.salehifar@gmail.com

100% sorghum, which may be due to increased soluble carbohydrate intake and convert it to lactic acid. Rapidly soluble fraction, degradation rate constant and effective degradability of dry matter, crude protein and cell wall at all passage rates increased significantly with increasing plant growth.

Conclusion In general, it can be concluded that harvesting corn and sorghum forage in the soft dough stage with a mixing ratio of 25% corn and 75% sorghum improves the pH of silage. Rumen degradability of silage dry matter in the soft dough stage with different levels of corn and sorghum composition can increase feed intake in livestock. Rumen degradability of silage dry matter was also higher in the soft dough stage with different levels of corn and sorghum composition than other stages, and this can reduced feed retention in the rumen and increased feed consumption in livestock. However, more research is needed to investigate the effect of feeding a mixture of corn silage and sorghum in ruminants on voluntary feed intake and production performance.

Key words: Chemical composition, Degradability, Silage, Sorghum

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: https://ijasr.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

جلد۱۴، شماره۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۵۰۴-۴۸۷

اثر مرحله برداشت و نسبت ترکیب سورگوم علوفه‌ای با سیلاژ ذرت بر ارزش غذایی و تجزیه‌پذیری آن

نفیسه رحمانیان شریف آباد[۱]، احسان صالحی فر[۲]*، علیرضا فروغی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۹

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثرات مراحل برداشت و نسبت ترکیب سورگوم علوفه‌ای بر ارزش غذایی و تجزیه‌پذیری مواد مغذی آن در مقایسه بـا سـیلاژ ذرت، آزمایشی در قالب فاکتوریل ۵ × ۳ بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در هر تیمار انجام شد. بدین جهت پس از کشت، در طـی مراحـل رشد (رویشی، گل‌دهی و بذردهی) برداشت صورت گرفت. از علوفه‌های چاپر شده در طی مراحل مختلف رشدی جهت سیلوسازی استفاده گردید. گـروه-های آزمایشی شامل زمان‌های برداشت سورگوم (عامل اول) شامل ۱- قبل از گل‌دهی(ظهور برگ پرچم)، ۲- حدود ۱۵-۱۰٪ گل‌دهـی و ۳- خمیـری نرم دانه می‌باشد. سورگوم برداشت شده در هر یک از زمان‌های فوق با ذرت علوفه‌ای با نسبت‌های ذرت علوفه‌ای به سورگوم (عامل دوم): ۱۰۰ درصد : ۰ درصد، ۷۵ درصد : ۲۵ درصد، ۵۰ درصد : ۵۰ درصد، ۲۵ درصد : ۷۵ درصد و ۰ درصد : ۱۰۰ درصد مخلوط شدند. اثر مراحل رشد گیاه نشـان داد کـه ماده خشک، پروتئین خام، اسید لاکتیک با پیشرفت رشد روند صعودی داشت. درحالی‌که مقدار چربی خام و قند محلول با رشد گیاه بـه‌طـور معنـی‌داری کاهش یافت. درصد خاکستر طی مراحل رشد نوسان داشت، به‌طوری‌که مقدار آن در مرحله گل‌دهی کمتـرین (۷/۵۸) و طـی مرحلـه رویشـی (قبـل از گل‌دهی) بیشترین مقدار (۹/۷۳) بود. بخش سریع تجزیه، نرخ ثابت تجزیه‌پذیری و تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک، پروتئین و دیواره سلولی در تمام نرخ-های عبور با افزایش رشد گیاه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌طور کلی، می‌توان گفت برداشت علوفه ذرت و سورگوم در مرحله خمیری نرم با نسبت اختلاط ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سورگوم سبب بهبود pH سیلاژ می‌گردد. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک سیلاژ نیز در مرحله خمیری و نرم بـا سطوح مختلف ترکیب ذرت و سورگوم می‌تواند سبب افزایش مصرف خوراک در دام شود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه‌پذیری، ترکیب شیمیایی، سورگوم، سیلاژ

مقدمه

سورگوم علوفه‌ای یکی از مهم‌تـرین گیاهـان علوفـه‌ای منـاطق خشک و نیمـه خشـک دنیاسـت. تولیـد ذرت در منـاطق خشـک و شوری زیاد در سراسر جهان کم است و سورگوم به‌دلیل سـازگاری بـا شـرایط خشـک و کـم آب، رانـدمان مصـرف بـالای آب، سیسـتم فتوسنتزی C_4، قدرت پنجه‌زنی زیاد، توان تولیدی بالا به‌صورت تر، خشک و سیلویی گزینه مناسبی در این منـاطق اسـت (Amer *et al.*, 2012). در گذشته سورگوم عموماً در مناطقی کشت می‌شـد کـه برای کشت ذرت نامساعد بود، امّا امـروزه بـا پیـدایش سـورگوم‌هـای علوفه‌ای هیبرید، در شرایط ایده‌آل و مساعد محصـولی برابـر بـا ذرت تولید می‌کند و در جـایی‌کـه رطوبـت عامـل محدودکننـده محسـوب مـی‌شـود، شـاید محصـول بیشـتری نسـبت بـه ذرت داشـته باشـد (Newman *et al.* 2010). یکی از عوامـل ضـد تغذیـه‌ای سـورگوم، تانن بوده که در حیوانات تک معده‌ای باعث کاهش قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و اسیدهای آمینـه مـی‌شـود. عـلاوه‌بـراین، سـورگوم همچنن حاوی اسید هیدروسیانیک، آلکالوئید هوردنین و اسید فایتیـک است که در طی سیلو کردن یا خشک کردن سورگوم از بـین مـی‌رود

۱- کارشناسی ارشد تغذیه دام، گروه علوم کشـاورزی ، واحـد مشـهد، دانشـگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
۲- استادیار، گروه علوم کشاورزی ، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.
۳- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشـاورزی و منـابع طبیعـی خراسـان رضـوی، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: e.salehifar@gmail.com)
DOI: 10.22067/ijasr.2022.70346.1024

(Hurrell *et al.*, 2003). سیلوسازی یکی از بهترین روش‌های حفاظت از علوفه است. هدف عمده در تهیه سیلاژ، حفظ مواد سیلاژ با حداقل هدرروی مواد مغذی است و برای رسیدن به این هدف رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک باید تحریک شود (Zhang *et al.*, 2015). مرحله رشد یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت علوفه است (Farian *et al.*, 1994). با پیشرفت بلوغ محصولات علوفه‌ای، بخش سیتوپلاسمی سلول کم، کیفیت کربوهیدرات‌های محلول، لیپیدها، پروتئین‌ها و پروتئین‌های محلول کاهش می‌یابد. مرحله بلوغ هنگام برداشت گیاه نیز یکی از عوامل تعیین‌کننده احتمالی کیفیت خوراک است و برخی از پژوهشگران آن را مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر قابلیت هضم سیلاژ دانسته‌اند (Di Marco *et al.*, 2002). به‌طوری که برداشت زودرس علوفه علاوه‌بر تلفات پس‌آب، به مقدار انرژی کمتر سیلو مربوط می‌شود که ناشی از تجمع نشاسته در دانه است (Khan *et al.*, 2011). با بالغ شدن دانه‌ها، نشاسته در دانه افزایش می‌یابد، در حالی‌که ترکیبات نیتروژن موجود در برگ‌ها با فیبر و لیگنین جایگزین می‌شوند و ترکیب و تجزیه فیبر می‌تواند هضم را محدود کند (Jensen *et al.*, 2005). مطالعات نشان می‌دهد که با افزایش سن گیاه، مقدار قندهای محلول در آب، pH و نیتروژن آمونیاکی در گیاه کاهش می‌یابد، لذا زمان بهینه برداشت ذرت برای تهیه سیلاژ زمانی است که ذخیره نشاسته در دانه‌ها کامل شده باشد (Bal *et al.*, 1997) و این مرحله با دارا بودن ۳۷-۳۳ درصد ماده خشک با ظهور یک لایه سیاه کوچک در محلی که هسته به لپه اتصال دارد، مشخص می‌شود. با توجه به خشک بودن قسمت‌های وسیعی از ایران و سازگار بودن گیاه سورگوم به شرایط خشکی، تحقیقات اندکی در خصوص ترکیبات شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای آن صورت گرفته است. لذا، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر مرحله رشد گیاه و اختلاط ذرت و سورگوم بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری سیلاژ ذرت و سورگوم بود.

مواد و روش‌ها

کاشت و برداشت علوفه‌ها

در این مطالعه، گیاه سورگوم و ذرت به‌صورت جداگانه کاشته شد. تراکم کاشت ۲۵۰ هزار بوته در هکتار می‌باشد. برای رقم مورد نظر سورگوم هیبرید علوفه‌ای اسپیدفیدنو ۸۰ هزار بوته در هکتار و برای ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد. نحوه آبیاری در این مطالعه به‌صورت خطی بود. برداشت سورگوم در سه مرحله قبل از گل‌دهی، پنج درصد گل‌دهی و خمیری دانه انجام شد. از علوفه‌های چاپر شده در طی مراحل مختلف رشدی جهت تهیه سیلو استفاده شد. برای سیلو کردن از ظرف‌های مخصوصی از جنس لوله‌های PVC با ظرفیت تقریبی سه کیلوگرم استفاده شد، کل علوفه مورد نیاز برای هر مرحله برداشتی، هر کدام از علوفه‌های سورگوم و ذرت به‌صورت جداگانه در حدود ۴۰ الی ۵۰ کیلوگرم بود. خروج اکسیژن مازاد سیلو با وسیله‌ای شبیه به هاونگ در اندازه بزرگ‌تر و از جنس چدن صورت گرفت.

در انتهای لوله‌های سیلو، شیری تعبیه گردید که امکان خروج پس آب را فراهم سازد. زمانی در حدود ۴۰ روز جهت نگهداری سیلوها در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری ماده خشک سیلاژ، نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و به‌مدت ۷۲ ساعت در آون قرار داده شده و سپس درصد ماده خشک آن‌ها تعیین گردید. برای تعیین خاکستر نمونه‌ها از کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد استفاده شد. پروتئین خام و چربی خام با روش ذکر شده در AOAC (AOAC, 2005) و به‌وسیله دستگاه‌های میکروکلدال و سوکسله تعیین گردید. فیبر نامحلول در شوینده خنثی اسیدی نمونه‌ها نیز بر اساس روش ون سوست و همکاران (Van Soest *et al.*, 1991) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری pH از هر سیلو نمونه‌های ۵۰ گرمی تهیه و به هر نمونه ۴۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس با مخلوط کن کاملاً خرد و با پارچه متقال صاف گردید و در نهایت، pH عصاره حاصله بلافاصله توسط pH متر دیجیتال (Metrohm Herisou, Model 140, Sweden) تعیین و ثبت گردید. نیتروژن آمونیاکی علوفه‌ها مطابق با روش لیستیرا و همکاران (Licitra *et al.*, 1996) تعیین شد. میزان قندهای محلول گیاه با استفاده از روش فنول اسید سولفوریک اندازه گیری شد (Buysse and Merckx, 1993). برای تعیین اسید لاکتیک نیز از پاراهیدروکسی بی‌فنیل به‌عنوان معرف و از لیتیوم لاکتات برای تهیه محلول‌های استاندارد استفاده شد (Madrid *et al.*, 1999).

ترکیب تیمارهای آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل ۵ × ۳ در پایه طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار به شرح زیر بود:

۱- مرحله قبل از گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد)
۲- مرحله قبل از گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد)
۳- مرحله قبل از گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد)
۴- مرحله قبل از گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد
۵- مرحله قبل از گل‌دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد
۶- مرحله پنج درصد گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد)
۷- مرحله پنج درصد گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد)
۸- مرحله پنج درصد گل‌دهی × (ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد)

۹- مرحله پنج درصد گل‌دهی × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد
۱۰- مرحله پنج درصد گل‌دهی × سورگوم ۱۰۰ درصد
۱۱- مرحله خمیری و نرم × (ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد)
۱۲- مرحله خمیری و نرم × (ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد)
۱۳- مرحله خمیری و نرم × (ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد)
۱۴- مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد
۱۵- مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد

تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای

به‌منظور انجام این آزمایش از دو رأس گـاو هلشـتاین مجهـز بـه فیستولای شکمبه‌ای استفاده شد.جیـره‌هـا حـاوی ۷۰ درصـد علوفـه، شامل سیلاژ ذرت، سیلاژ سورگوم شیرین و یونجه خشک بـود. ابتـدا نمونه‌ها با استفاده از آسیاب دارای الـک دو میلـی‌متـر آسـیاب شـدند. سپس مقدار پنج گرم نمونه بـر اسـاس مـاده خشـک در کیسـه‌هـای نایلونی از جنس پلی استر با ابعاد ۱۵×۱۰ سانتی متر تـوزین شـد و بـا سه تکرار در زمان‌هـای صـفر، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ سـاعت در شکمبه دو گاو شیرده دارای فیستولای شـکمبه‌ای مـورد انکوباسـیون قرار گرفت. کیسه‌های زمان صـفر بـه‌مـدت پـنج دقیقـه در آب ولـرم خیسانده شدند و پس از شستشو به آون انتقال داده شدند. کیسه‌هـای مربوط به دیگر زمان‌ها پس از خارج نمودن از شکمبه بلافاصله شسته شده تا زمانی که آب زلال و شفاف خارج شود، سپس کیسه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سـانتی‌گـراد در آون خشـک گردیدنـد. ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک، پـروتئین خـام و فیبـر نـامحلول در شوینده خنثی با استفاده از معادلـه پیشـنهادی اورسـکوف و مکدونالـد (Ørskov and McDonald, 1979) کـه در معادلـه ۱ آمـده اسـت تعیین شد.

معادله (۱) $P= a+b\ (1-e^{-ct})$

که در آن، P: پتانسیل تجزیه‌پذیری، a: بخش سـریع تجزیـه، b: بخش کند تجزیه، c: ثابت نرخ تجزیه و t: زمان انکوباسیون می‌باشد. تجزیه‌پـذیری مـؤثر نیـز در نـرخ‌هـای عبـور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ بـا استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

معادله (۲) $ED = a + (b \times c)/(c + k)$

که در آن، ED: تجزیه‌پذیری مؤثر، a: بخـش سـریع تجزیـه، b: بخش کند تجزیه، c: ثابت نرخ تجزیه و k: نرخ عبور می‌باشد.

تجزیه آماری

داده‌های به‌دست آمده در قالب طرح فاکتوریل با سه مرحله رشـد و پنج نوع ترکیب ذرت و سورگوم با ۱۵ تیمار و سه تکرار بـرای هـر تیمار در پایه طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS, 2009) رویه GLM تجزیـه و تحلیـل آمـاری شـده و بـرای مقایسـه میانگین‌ها از آزمون توکی کرامر در سطح پنج درصد خطا استفاده شد. مدل آماری مـورد استفاده به‌صورت زیر می‌باشد.

معادله (۳) $X_{ikl} = \mu + \alpha_k + \beta_l + (\alpha\beta)_{kl} + \varepsilon_{ikl}$

که در آن، X_{ikl}: مشاهدات، μ: میـانگین جامعـه، α_k: اثـر مرحلـه رشد، B_1: اثر اختلاط، $(\alpha\beta)_{kl}$: اثـر متقابـل مرحلـه رشـدی و درصـد اختلاط و ε_{ikl}: اثر اشتباه آزمایشی می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد کـه تیمارهـای آزمایشـی اثـر معنـی‌داری بـر ترکیبات شیمیایی سیلوی تهیه شده داشتند ($p<0.05$). مـاده خشـک در مرحله قبل از گل‌دهی با نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم بیشترین مقدار را دارا بود که تفاوت معنی‌داری با مرحله پنج درصد گل‌دهی با نسـبت اختلاطی سورگوم ۷۵ درصد و ذرت ۲۵ درصد نداشـت و کمتـرین آن مربوط به مرحله خمیری و نرم و نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم می‌باشـد. در تحقیق دیگری بیـان شـد کـه مقـدار مـاده خشـک در سـیلوهای سورگوم، ذرت و ارزن با پیشرفت رشد علوفه افزایش یافت (Khan et al., 2011). با افزایش نسبت سورگوم، مقدار خاکستر در تیمار مرحله قبل از گل‌دهی و نسبت اختلاط ذرت ۲۵ درصد و سورگوم ۷۵ درصـد افزایش یافت. چـن و همکـاران (Chen et al., 2019) نیـز گـزارش کردند که با افزایش نسبت یونجه در سیلاژ ترکیبی سورگوم شیرین و یونجه، مقدار خاکستر افزایش یافت. مقدار پروتئین خام در مرحله قبل از گل‌دهی با نسـبت ۷۵ درصـد ذرت و ۲۵ درصـد سـورگوم بـه‌طـور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بیشتـر بـود و در تیمـار ۱۰۰ درصـد ذرت از کمترین مقدار برخوردار بود. در مطالعه‌ای بـا افـزایش مرحلـه بلوغ، مقدار پروتئین خام سیلوی ذرت به‌طور معنی‌داری از ۷/۳ به ۵/۳ کـاهش یافـت (Klicalp et al., 2018). در مطالعـه‌ی دیگـری نیـز مشـاهده کردنـد کـه بـا افـزایش سـن علوفـه، مقـدار پـروتئین خـام سـیلاژهای سـورگوم، ذرت و ارزن کـاهش یافـت (Khan et al., 2011). ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2015) گزارش کردند کـه مقدار ماده خشک، خاکستر و پروتئین خـام سـیلو بـا افـزایش نسـبت سورگوم در ترکیب سیلاژ سورگوم و یونجه به‌طور معنی‌داری کـاهش یافت. کاهش پروتئین خام احتمـالاً بـه‌دلیـل کـاهش درصـد بـرگ و افزایش درصد ساقه و جـداره سلولی با افزایش سن گیاه می‌باشد. زیرا برگ‌ها مهم‌ترین منبع پروتئینی در اندام‌های رویشی محسـوب مـی‌شـوند (Hadjipanayiotou et al., 1996). چربـی نیـز بـه‌ترتیـب در مرحله خمیری و نرم با نسبت ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سـورگوم و مرحله قبل از گل‌دهی و نسبت اختلاط ۷۵ درصـد ذرت و ۲۵ درصـد

سورگوم بیشترین و کمترین مقدار را دارا بود.

در حین عمل سیلوکردن بخشی از منابع مغذی مانند کربوهیدرات‌های قابل تخمیر و پروتئین‌های محلول توسط آنزیم‌های میکروبی و تنفسی گیاه تجزیه می‌گردد. با پیشرفت زمان این میزان افزایش و بخشی از منابع پروتئینی و کربوهیدراتی گیاه تلف می‌شوند که بدنبال آن ماده خشک و پروتئین خام سیلاژ کاهش می‌یابد. در مطالعات مشخص شد که با افزایش رشد و پیشرفت بلوغ در ذرت مقدار پروتئین خام گرایش به کاهش و ماده خشک و نشاسته تمایل به افزایش دارد (Johnson *et al.*, 2002).

اثر مرحله رشد و اختلاط ذرت و سورگوم در فرآیند سیلوسازی بر pH، میزان قندهای محلول، ازت آمونیاکی و اسید لاکتیک در جدول ۲ نشان داده شده است. بیشترین میزان pH در مرحله خمیری و نرم و نسبت اختلاط ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سورگوم مشاهده دد که نشان دهنده پروتولیز بیشتر سیلاژ می‌باشد. درحالی‌که کمترین مقدار pH در تیمار مرحله قبل از گل‌دهی با نسبت ۵۰ درصد ذرت و ۵۰ درصد سورگوم بود.

جدول ۱– تأثیر تیمارهای آزمایشی بر ترکیب شیمیایی سیلو (درصد ماده خشک)

Table 1- Effect of experimental treatments on the chemical composition of silage (%DM)

تیمارها Treatments	ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	چربی خام (درصد) Crude fat (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)
اثرات اصلی Main effects				
رشد گیاه Growth stage				
مرحله قبل از گل‌دهی before bloom stage	17.93[ab]	4.66[b]	2.30[b]	8.95[a]
مرحله پنج درصد گل‌دهی 5 Percent bloom stage	19.1[a]	4.26[c]	2.41[b]	8.00[b]
مرحله خمیری و نرم Soft dough stage	16.54[b]	5.19[a]	2.66[a]	8.85[a]
p-value	0.001	<0.0001	0.0009	0.01
اثر اختلاط گیاه Mixing effect				
ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد+سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75%	20.15[a]	4.95[a]	2.81[a]	9.29[a]
ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد+سورگوم ۵۰ درصد Fodder corn 50% + sorghum 50%	17.59[bc]	4.96[a]	2.55[b]	8.83[ab]
ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد+سورگوم ۲۵ درصد Fodder corn 75% + sorghum 25%	17.56[bc]	5.04[a]	2.20[d]	8.65[ab]
ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Fodder corn 100%	15.82[c]	3.95[c]	2.27[cd]	8.00[b]
سورگوم ۱۰۰ درصد Sorghum 100%	18.15[b]	4.61[b]	2.46[bc]	8.21[b]
احتمال معناداری p-value	0.003	<0.0001	<0.0001	0.05

ادامه جدول ۱

Continuation of Table 1

تیمارها Treatments	ماده خشک (درصد) Dry Matter (%)	پروتئین خام (درصد) Crude Protein (%)	چربی خام (درصد) Crude Fat (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)
اثرات متقابل Interactions				
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد before bloom stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	19.5[abc]	5.3[d]	2.9[ab]	9.7[a]
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد before bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	14.2[e]	5.6[c]	2.3[d]	9.7[a]
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	16.9[bcde]	6.2[a]	1.4[g]	9.5[a]
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد before bloom stage + fodder corn 100%	16.6[cde]	2.7[l]	2.3[d]	7.8[b]
مرحله قبل از گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد before bloom stage + Sorghum 100%	22.2[a]	3.2[k]	2.4[cd]	7.9[b]
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum + 5 percent bloom stage 75%	22.1[a]	4.3[h]	2.2[ed]	9.1[ab]
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + Fodder corn 50% + sorghum 50%	18.7[bcd]	4.3[h]	2.5[cd]	7.9[b]
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	17.8[bcd]	4.1[i]	2.6[bcd]	7.5[b]
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	14.6[e]	3.9[j]	1.7[fg]	7.7[b]
مرحله پنج درصد گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	22.1[a]	4.5[g]	2.9[ab]	7.6[b]
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	18.7[bcd]	5.1[e]	3.2[a]	9.0[ab]
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	19.8[ab]	4.9[f]	2.8[bc]	8.8[ab]
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد soft dough stage+ fodder corn 75% + Sorghum 25%	17.8[bcd]	4.7[g]	2.5[cd]	8.8[ab]
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد soft dough stage+ fodder corn 100%	16.1[de]	5.1[e]	2.7[bc]	8.4[ab]
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد soft dough stage+ sorghum 100%	10.1[f]	6.0[b]	1.9[fe]	9.0[ab]
انحراف استاندارد SEM	0.53	0.142	0.078	0.162
احتمال معناداری P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p<0.05$).

Means within same column with different superscripts differ ($P<0.05$).

به‌طور کلی، با افزایش همزمان مرحله رشد گیاه و نسبت اختلاط ذرت و سورگوم در این مطالعه pH کاهش یافت. به‌طوری‌که در مرحله قبل از گل‌دهی با نسبت ترکیب ۵۰ درصد ذرت علوفه‌ای و ۵۰ درصد سورگوم ۳/۷۹، در مرحله پنج درصد گل‌دهی با ۱۰۰ درصد سورگوم ۳/۶۳ و مرحله خمیری و نرم با ۱۰۰ درصد سورگوم ۳/۶۱ بود. این اختلاف pH در سیلاژ به‌دلیل غلظت بالاتر کربوهیدرات‌های محلول در آب انتظار می‌رود (Gul *et al.,* 2008). کلیکالپ و همکاران (Klicalp *et al.,* 2018) کاهش خطی در مقدار pH سیلوهای تهیه شده از ذرت و سورگوم با پیشرفت بلوغ گیاه از مرحله اواسط گل‌دهی به مرحله خمیری گزارش کردند. رافیدین و همکاران

(6Rafiuddin *et al*., 201) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. pH پایین از تبدیل پروتئین به ترکیبات نیتروژن غیر پروتئینی جلوگیری می‌نماید در نتیجه بازدهی استفاده از پروتئین سیلاژ افزایش می‌یابد.

دلیل pH بالا در تیمار مرحله خمیری و نرم با ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سورگوم به نیتروژن آمونیاکی بالاتر در این سیلاژ ارتباط دارد. pH سیلوی ساخته شده از علوفه در سنین پایین به‌سرعت کاهش نمی‌یابد و این ممکن است به مقدار کم قندهای محلول موجود نسبت داده شود در نتیجه آمونیاک بیشتری از تجزیه پروتئین‌ها تولید می‌شود(Khan *et al*., 2011). کمترین مقدار نیتروژن آمونیاکی مربوط به تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت ۵۰ درصد ذرت و ۵۰ درصد سورگوم با مقدار عددی ۱۰۵/۳۳و بیشترین مقدار اسید لاکتیک در تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم مشاهده شد (۲/۳۷) که این افزایش ممکن است ناشی از افزایش مصرف کربوهیدارت‌های محلول و تبدیل شدن آن به اسید لاکتیک باشد. به‌طوری‌که اسید لاکتیک تولیدی از این مسیر سبب کاهش pH سیلاژ با نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در تیمارهای مرحله خمیری و نرم درخصوص قندهای محلول نیز بین تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد و بیشترین مقدار مربوط به مرحله قبل از گل‌دهی و نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم بود ($p<0.05$). افزایش در این مرحله احتمالا به‌دلیل کمتر بودن مقدار دیواره سلولی سیلاژ حاصل در مرحله قبل از گل‌دهی می‌باشد، زیرا به دنبال کمتر شدن بخش فیبری سهم بخش محلول افزایش می‌یابد. سلول‌های گیاهی شکسته شده و آب گیاهان (کربوهیدرات‌های محلول) توسط پلاسمولیز آزاد می‌شوند که یک پیش نیاز برای توسعه باکتری‌های اسید لاکتیک در مراحل اولیه سیلوسازی بشمار می‌روند (Tabacco *et al*., 2004) (McDonald, 1981). توباکو و همکاران و خان و همکاران (Khan *et al*., 2007) گزارش کردند که مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب در سورگوم، ذرت و ارزن با پیشرفت بلوغ به‌دلیل تجمع نشاسته افزایش می‌یابد. مونو یا دی ساکاریدهایی که از نشاسته تجزیه می‌شوند نیز می‌توانند به‌عنوان کربوهیدرات سریع تخمیر استفاده شوند که به کاهش pH و افزایش تولید اسید لاکتیک در طی فرآیند سیلو کردن کمک می‌کنند (McDonald *et al*., 2002). ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2015) گزارش کردند که با افزایش نسبت سورگوم از صفر الی ۱۰۰ درصد در مخلوط سیلاژ سورگوم و یونجه، pH و نیتروژن آمونیاکی کاهش، درحالی‌که مقدار اسید لاکتیک و قندهای محلول افزایش یافت. افزایش قندهای محلول با افزایش سطح سورگوم علی‌رغم کاهش مقدار ماده خشک، نشان می‌دهد که این ترکیب‌های علوفه‌ای حداقل قندهای محلول کافی برای تخمیر مؤثر را تأمین می‌کنند (Zhang *et al*., 2015). در مطالعه‌ی دیگری نیز با بررسی اثر رشد گیاه بر فرآیند سیلوسازی بیان کردند که با افزایش سن گیاه، مقدار قندهای محلول و نیتروژن آمونیاکی سیلوهای سورگوم، ذرت و ارزن کاهش یافت. درمقابل، مقدار اسید لاکتیک افزایش یافت (Khan *et al*., 2011).

نتایج ضرایب تجزیه‌پذیری ماده خشک سیلاژ ذرت و سورگوم در جدول ۳ نشان داده شده است. ضریب a در مرحله رشد خمیری و نرم در نسبت‌های مختلف اختلاط ذرت و سورگوم (۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم، ۱۰۰ درصد ذرت و ۱۰۰ درصد سورگوم) بیشتر از دو مرحله دیگر بود، ولی مقدار آن تفاوت معنی‌داری با مرحله پنج درصد گل‌دهی با نسبت ۱۰۰ درصد ذرت نداشت. ضریب b و ثابت نرخ تجزیه (c) نیز در مرحله رشد خمیری و نرم با نسبت ۱۰۰ درصد ذرت بیشتر از تیمارهای دیگر بود.

هرچه بخش سریع تجزیه‌ی ماده خشک سیلاژ بیشتر باشد، ماندگاری غذا در شکمبه حیوان کمتر و سرعت عبور خوراک زیاد شده و در نتیجه، مصرف خوراک افزایش می‌یابد. مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در تمام نرخ‌های عبور در تیمار خمیری و نرم با نسبت ۱۰۰ درصد ذرت از بیشترین مقدار برخوردار بود. تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک علوفه‌ها با افزایش سن گیاه و افزایش دیواره سلولی کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاهش قابلیت هضم ماده خشک مواد مغذی سیلاژ سورگوم به ترکیبات شیمیایی آن، به‌خصوص لیگنین نامحلول در اسید برگردد. گرچه زمان برداشت علوفه نیز بر بسیاری از ترکیبات شیمیایی، به‌ویژه درصد لیگنین و قابلیت هضم مؤثر است. در مطالعه‌ای با بررسی ارقام ذرت و سورگوم و مرحله رشد گیاه گزارش کردند که تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در سه نرخ عبور ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۸ در گیاه سورگوم کمتر از ذرت بود (Klicalp *et al*., 2018). هر چه بخش محلول و پتانسیل تجزیه‌پذیری خوراک بالاتر باشد، نرخ تجزیه‌پذیری آن نیز بیشتر است. بیشترین مقدار تجزیه-پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵ در سورگوم در مرحله شیری بود و بخش سریع تجزیه و ثابت نرخ تجزیه ماده خشک در سورگوم با پیشرفت مرحله بلوغ، کاهش یافت (Klicalp *et al*., 2018). خان و همکاران (Khan *et al*., 2007) نشان دادند که پیشرفت مرحله برداشت علوفه، قابلیت هضم ماده خشک بهتری را فراهم می‌کند و تولید سیلو در این مرحله به‌طور بالقوه می‌تواند از تولید شیر بالاتر در گاو شیری پشتیبانی کند. در مطالعه‌ای گزارش کردند که ثابت نرخ تجزیه در سورگوم با پیشرفت بلوغ گیاه کاهش یافت و ذرت دارای بالاترین بخش سریع تجزیه در مقایسه با سورگوم بود، بیشترین مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک در نرخ عبور ۰/۰۲ در سورگوم در مرحله شیری مشاهده شد (Klicalp *et al*., 2018). کلمبینی و همکاران(2010Clolmbini *et al*.,) نیز نشان دادند که سیلاژ ذرت دارای بخش سریع تجزیه بیشتری نسبت به سیلاژ سورگوم است که یکی از دلایل آن را بالاتر بودن اسید لاکتیک در سیلاژ ذرت عنوان

کرد.

جدول ۲- اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار کربوهیدارت‌های محلول در آب، نیتروژن آمونیاکی و اسید لاکتیک

Table 2- Effect of experimental treatments on water soluble carbohydrates, ammonia nitrogen and lactic acid

تیمارها Treatments	pH	نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم بر لیتر) Ammonia nitrogen (mg/L)	کربوهیدارت‌های محلول در آب (میلی‌گرم بر گرم) Water soluble carbohydrates (mg/g)	اسید لاکتیک (درصد) Lactic acid (%)
اثرات اصلی Main effects				
رشد گیاه Growth stage				
مرحله قبل از گل‌دهی before bloom stage	3.65	109.60	173.22[a]	1.59[b]
مرحله پنج درصد گل‌دهی 5 Percent bloom stage	3.68	109.53	166.82[b]	1.79[a]
مرحله خمیری و نرم Soft dough stage	3.73	108.53	152.43[c]	1.85[a]
احتمال معناداری p-value	0.269	<0.0001	<0.0001	<0.0001
اثر اختلاط گیاه Mixing effect				
ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد+سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75%	3.78[a]	107.88[b]	162.35[c]	1.49[c]
ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد+سورگوم ۵۰ درصد Fodder corn 50% + sorghum 50%	3.65[b]	108.00[b]	163.85[c]	1.52[c]
ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد+سورگوم ۲۵ درصد Fodder corn 75% + sorghum 25%	3.69[ab]	109.88[ab]	167.39[b]	1.89[ab]
ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Fodder corn 100%	3.65[b]	110.77[a]	156.09[d]	2.03[a]
سورگوم ۱۰۰ درصد Sorghum 100%	3.65[b]	109.55[ab]	171.12[a]	1.81[b]
احتمال معناداری p-value	0.182	<0.0001	<0.0001	<0.0001

همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، بخش سریع تجزیه پروتئین خام در تیمار مرحله خمیری و نرم و نسبت ترکیب ۱۰۰ درصد سورگوم به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای دیگر بود ($p<0.05$) که ممکن است به‌علت بیشتر بودن نیتروژن آمونیاکی سیلاژ باشد که توسط میکروب‌های شکمبه سریع تجزیه شده و سبب بالا رفتن بخش سریع تجزیه شده است (Rafiuddin *et al*., 2016). تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت اختلاط ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم به‌طور معنی‌داری دارای بخش کند تجزیه و نرخ تجزیه‌پذیری بیشتری نسبت به تیمارهای دیگر بود. تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام در همه نرخ‌های عبور در دو تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم و نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم از بیشترین مقدار برخوردار بود. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تجزیه پروتئین در شکمبه نوع پروتئین، اثر متقابل با مواد مغذی دیگر (عمدتاً کربوهیدرات‌های موجود در مواد خوراکی و محتویات داخل شکمبه) و جمعیت‌های میکروبی غالب (وابسته به نوع خوراک، نرخ عبور شکمبه‌ای و pH شکمبه) می‌باشد (Nagaraja and Titgemeyer, 2007).

ادامه جدول ۲

Continuation of Table 2

تیمارها Treatments	pH	نیتروژن آمونیاکی (میلی‌گرم بر لیتر) Ammonia nitrogen (mg/L)	کربوهیدارت‌های محلول در آب (میلی‌گرم بر گرم) Water soluble carbohydrates (mg/g)	اسید لاکتیک (درصد) Lactic acid (%)
اثرات متقابل Interactions				
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 25% + sorghum 75%	3.7[ab]	108.3[de]	168.1[ed]	1.5[ef]
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	3.5[d]	108.3[de]	173.2[c]	1.4[f]
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	3.6[cd]	106.6[ef]	178.1[b]	1.4[f]
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 100%	3.5[d]	109.3[cd]	163.3[f]	1.7[cd]
مرحله قبل از گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد Before bloom stage + sorghum 100%	3.7[ab]	110.0[c]	183.1[a]	1.7[cd]
مرحله ۵ درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75% + 5 percent bloom stage	3.6[cd]	108.6[de]	169.3[de]	1.7[cd]
مرحله ۵ درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	3.6[cd]	110.3[c]	165.8[ef]	1.9[bc]
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	3.6[cd]	111.6[ab]	168.6[de]	1.9[bc]
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	3.7[ab]	110.0[c]	158.2[g]	1.9[bc]
مرحله پنج درصد گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	3.6[cd]	107.3[e]	172.1[cd]	1.3[fgh]
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	3.8[a]	106.6[ef]	149.5[ij]	1.1[h]
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	3.7[ab]	105.3[f]	152.4[hi]	1.1[gh]
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 75% + sorghum 25%	3.7[ab]	111.3[ab]	155.3[gh]	2.2[b]
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 100%	3.6[cd]	113.0[a]	146.6[j]	2.3[a]
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ sorghum 100%	3.6[bcd]	111.3[ab]	158.1[g]	2.3[a]
انحراف استاندارد SEM	0.02	0.74	1.56	0.10
احتمال معناداری P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<0.05).

Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

جدول ۳- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک

Table 3- Effect of experimental treatments on effective degradability of dry matter

تیمارها Treatments	a[۲] (گرم بر گرم)	b[۳] (گرم بر گرم)	c[۴] (در ساعت)	تجزیه‌پذیری مؤثر[۵] در نرخ عبور ۰/۰۲ $ED_{0.02}$	تجزیه‌پذیری مؤثر[۶] در نرخ عبور ۰/۰۵ $ED_{0.05}$	تجزیه‌پذیری مؤثر[۷] در نرخ عبور ۰/۰۸ $ED_{0.08}$
اثرات اصلی Main effects						
رشد گیاه Growth stage						
مرحله قبل از گل‌دهی Before bloom stage	0.25^b	0.59^b	0.028^b	0.79^b	0.74^b	0.70^b
مرحله پنج درصد گل‌دهی 5 Percent bloom stage	0.26^a	0.60^a	0.032^a	0.82^a	0.77^a	0.73^a
مرحله خمیری و نرم Soft dough stage	0.26^a	0.60^a	0.034^a	0.82^a	0.77^a	0.72^a
احتمال معناداری p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
اثر اختلاط گیاه Mixing effect						
ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد+سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75%	0.25^c	0.58^c	0.024^c	0.78^c	0.72^c	0.67^c
ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد+سورگوم ۵۰ درصد Fodder corn 50% + sorghum 50%	0.25^c	0.58^c	0.026^c	0.78^c	0.72^c	0.67^c
ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد+سورگوم ۲۵ درصد Fodder corn 75% + sorghum 25%	0.27^a	0.60^{ab}	0.036^a	0.83^a	0.78^b	0.75^a
ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Fodder corn 100%	0.27^a	0.61^a	0.040^a	0.84^a	0.81^a	0.77^a
سورگوم ۱۰۰ درصد Sorghum 100%	0.26^b	0.59^b	0.031^b	0.81^b	0.76^b	0.72^b
احتمال معناداری p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

نتایج تجزیه‌پذیری NDF سیلاژ ذرت و سورگوم در جدول ۵ گزارش شده است. ضریب a در دو تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت‌های ۱۰۰ درصد ذرت و ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم بیشتر از تیمارهای دیگر بود ($p<0.05$). درحالی‌که در تیمار مرحله پنج درصد گل‌دهی با نسبت ۱۰۰ درصد سورگوم به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. بخش کند تجزیه در مرحله رشدی خمیری و نرم با نسبت‌های ۱۰۰ درصد ذرت، ۷۵ درصد ذرت و ۲۵ درصد سورگوم و ثابت نرخ تجزیه در نسبت ۱۰۰ درصد ذرت بیشترین مقدار را دارا بود ($p<0.05$). بیشترین مقدار تجزیه‌پذیری مؤثر فیبر نامحلول در شوینده خنثی در تمام نرخ‌های عبور مربوط به تیمار مرحله خمیری و نرم با نسبت ۱۰۰ درصد ذرت بود که می‌توان این افزایش را به بالاتر بودن بخش سریع تجزیه در این تیمار نسبت داد. با تکامل دوره رشد گیاه و افزایش نسبت کربوهیدرات‌های ساختمانی همچون سلولز، همی‌سلولز و لیگنین، درصد فیبر گیاه بیشتر شده که مستقیماً بر هضم‌پذیری گیاهان تأثیر دارد. عاملی که تأثیر زیادی بر مقدار و نرخ تجزیه‌پذیری دیواره سلولی گیاهان دارد وجود لیگنین است، به‌طوری‌که بین تجزیه‌پذیری مواد آلی موجود در شکمبه و لیگنین رابطه منفی وجود دارد (Costa *et al.*, 2016). گیاهان بلند در مقایسه با گیاهان کوتاه، بافت لیگنینی بیشتری دارند و در نتیجه، قابلیت هضم را کاهش می‌دهند و در گیاهان برداشت شده در مرحله دانه شیری نسبت به مرحله خمیری و سخت، بخش فیبری قابلیت هضم بیشتری دارند. با این وجود، در مرحله خمیری و سخت، تجمع ماده خشک در دانه می‌تواند کاهش قابلیت هضم ماده خشک ساقه را جبران کند (Costa *et al.*, 2016). این اختلافات را می‌توان به مراحل بلوغ سورگوم در سیلاژ و نسبت ساقه، برگ و دانه‌های سیلو شده نسبت داد.

ادامه جدول ۳

Continuation of Table 3

تیمارها Treatments	a[۲] (گرم بر گرم)	b[۳] (گرم بر گرم)	c[۴] (در ساعت)	[۵]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۲ $ED_{0.02}$	[۶]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵ $ED_{0.05}$	[۷]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۸ $ED_{0.08}$
اثرات متقابل Interactions						
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 25% + sorghum 75%	0.25^{e}	0.58^{gh}	0.025^{gh}	0.78^{a}	0.73^{f}	0.68^{f}
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Before bloom stage fodder corn 50% + sorghum 50%	0.25^{de}	0.58^{gh}	0.025^{gh}	0.78	0.73^{f}	0.68^{f}
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.24^{ef}	0.58^{gh}	0.021^{hi}	0.76	0.70^{ef}	0.66^{g}
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 100%	0.26^{c}	0.59^{fg}	0.032^{ef}	0.81	0.77^{de}	0.73^{e}
مرحله قبل از گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد Before bloom stage + sorghum 100%	0.26^{c}	0.60^{e}	0.034^{def}	0.82	0.78^{d}	0.74^{de}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25%+Sorghum 75%+5 percent bloom stage	0.26^{c}	0.59^{fg}	0.029^{fg}	0.81	0.76^{e}	0.72^{e}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.27^{b}	0.61^{cd}	0.039^{cd}	0.85	0.81^{c}	0.77^{bc}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.27^{b}	0.61^{cd}	0.042^{bc}	0.85	0.81^{c}	0.78^{bc}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	0.27^{b}	0.61^{cd}	0.036^{de}	0.84	0.80^{c}	0.76^{cd}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	0.23^{e}	0.56^{i}	0.018^{ij}	0.73	0.66^{h}	0.61^{h}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	0.24^{d}	0.57^{g}	0.017^{ij}	0.75	0.68^{fg}	0.62^{h}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	0.23^{e}	0.56^{i}	0.013^{j}	0.71	0.63^{h}	0.57^{i}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 75% + sorghum 25%	0.28^{a}	0.62^{ab}	0.047^{ab}	0.87	0.84^{a}	0.80^{a}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 100%	0.28^{a}	0.63^{a}	0.050^{a}	0.88	0.85^{a}	0.82^{a}
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ sorghum 100%	0.28^{a}	0.62^{ab}	0.043^{bc}	0.87	0.83^{b}	0.80^{a}
انحراف استاندارد SEM	0.003	0.003	0.002	0.005	0.004	0.005
احتمال معناداری P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

[۱] میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p<0.05$).
[۲] بخش سریع تجزیه
[۳] بخش کند تجزیه
[۴] ثابت نرخ تجزیه

[1] Means within same column with different superscripts differ ($P<0.05$).
[2] Rapidly soluble fraction
[3] Potentially degradable insoluble fraction
[4] Degradation rate constant
[5, 6, 7] Effective degradability in passage rates of 0.02, 0.05 and 0.08 /h.

جدول ٤- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تجزیه‌پذیری مؤثر پروتئین خام

Table 4- Effect of experimental treatments on effective degradability of crude protein

تیمارها Treatments	a[۲] (گرم بر گرم)	b[۳] (گرم بر گرم)	c[۴] (درساعت)	[۵]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۲ $ED_{0.02}$	[۶]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵ $ED_{0.05}$	[۷]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۸ $ED_{0.08}$
اثرات اصلی Main effects						
رشد گیاه Growth stage						
مرحله قبل از گل‌دهی Before bloom stage	0.25^{b}	0.50^{b}	0.022^{b}	0.70^{b}	0.65^{b}	0.61^{b}
مرحله پنج درصد گل‌دهی 5 Percent bloom stage	0.27^{a}	0.51^{a}	0.027^{a}	0.74^{a}	0.69^{a}	0.66^{a}
مرحله خمیری و نرم Soft dough stage	0.27^{a}	0.52^{a}	0.027^{a}	0.74^{a}	0.69^{a}	0.65^{a}
احتمال معناداری p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
اثر اختلاط گیاه Mixing effect						
ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد+سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75%	0.24^{d}	0.49^{c}	0.020^{c}	0.68^{c}	0.63^{b}	0.57^{c}
ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد+سورگوم ۵۰ درصد Fodder corn 50% + sorghum 50%	0.25^{d}	0.50^{bc}	0.023^{b}	0.70^{b}	0.65^{b}	0.61^{b}
ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد+سورگوم ۲۵ درصد Fodder corn 75% + sorghum 25%	0.27^{b}	0.52^{a}	0.028^{a}	0.76^{a}	0.71^{a}	0.67^{a}
ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Fodder corn 100%	0.28^{a}	0.53^{a}	0.030^{a}	0.77^{a}	0.73^{a}	0.69^{a}
سورگوم ۱۰۰ درصد Sorghum 100%	0.26^{c}	0.51^{b}	0.025^{b}	0.72^{b}	0.67^{b}	0.64^{b}
احتمال معناداری p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، از نتایج به‌دست آمده از این تحقیق می‌توان این چنین استنباط کرد که برداشت علوفه ذرت و سورگوم در مرحله خمیری نرم با نسبت اختلاط ۲۵ درصد ذرت و ۷۵ درصد سورگوم سبب بهبود pH سیلاژ می‌گردد. تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای ماده خشک سیلاژ نیز در مرحله خمیری و نرم با سطوح مختلف ترکیب ذرت و سورگوم بیشتر از مراحل دیگر بود و این امر می‌تواند سبب کاهش ماندگاری خوراک در شکمبه و افزایش مصرف خوراک در دام شود. با این حال، تحقیقات بیشتری برای بررسی تأثیر تغذیه مخلوط سیلوی ذرت و سورگوم در نشخوارکنندگان بر مصرف اختیاری خوراک و عملکرد تولید آن‌ها نیاز است.

ادامه جدول ٤

Continuation of Table 4

تیمارها Treatments	a[۲] (گرم بر گرم)	b[۳] (گرم بر گرم)	c[۴] (درساعت)	[۵]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۲ $ED_{0.02}$	[۶]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵ $ED_{0.05}$	[۷]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۸ $ED_{0.08}$
اثرات متقابل Interactions						
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 25% + sorghum 75%	0.24^{h}	0.50^{gh}	0.020^{e}	0.69^{d}	0.64^{f}	0.59^{e}
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.24^{h}	0.49^{hi}	0.016^{ef}	0.67^{d}	0.61^{g}	0.56^{ef}
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.25^{fg}	0.49^{hi}	0.020^{e}	0.69^{d}	0.64^{f}	0.60^{d}
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 100%	0.26^{f}	0.52^{ef}	0.026^{d}	0.74^{c}	0.69^{de}	0.65^{d}
مرحله قبل از گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد Before bloom stage + sorghum 100%	0.26^{f}	0.50^{gh}	0.026^{d}	0.72^{c}	0.67^{e}	0.64^{d}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75% + 5 percent bloom stage	0.27^{de}	0.51^{fg}	0.026^{d}	0.74^{c}	0.69^{de}	0.66^{d}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.28^{cd}	0.55^{b}	0.036^{ab}	0.80^{a}	0.76^{ab}	0.73^{ab}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.27^{de}	0.52^{ef}	0.026^{d}	0.75^{bc}	0.70^{d}	0.66^{d}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	0.29^{b}	0.53^{cd}	0.030^{cd}	0.78^{ab}	0.74^{c}	0.70^{c}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	0.23^{hi}	0.47^{k}	0.015^{f}	0.64^{e}	0.58^{g}	0.53^{f}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	0.22^{i}	0.47^{k}	0.013^{f}	0.62^{e}	0.55^{h}	0.51^{g}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	0.23^{hi}	0.46^{k}	0.016^{ef}	0.63^{e}	0.58^{g}	0.53^{fg}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 75% + sorghum 25%	0.29^{b}	0.57^{a}	0.039^{a}	0.83^{a}	0.79^{a}	0.76^{a}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 100%	0.29^{b}	0.53^{cd}	0.034^{b}	0.79^{a}	0.75^{bc}	0.71^{bc}
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ sorghum 100%	0.30^{a}	0.55^{b}	0.033^{bc}	0.81^{a}	0.77^{ab}	0.74^{a}
انحراف استاندارد SEM	0.004	0.005	0.001	0.002	0.004	0.004
احتمال معناداری P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

[۱]میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($p<0.05$).

[۲] بخش سریع تجزیه

[۳]بخش کند تجزیه

[۴]ثابت نرخ تجزیه

[1] Means within same column with different superscripts differ ($P<0.05$).

[2] Rapidly soluble fraction

[3] Potentially degradable insoluble fraction

[4] Degradation rate constant

[5, 6, 7] Effective degradability in passage rates of 0.02, 0.05 and 0.08 /h.

جدول ۵- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر تجزیه‌پذیری مؤثر فیبر نامحلول در شوینده خنثی

Table 5- Effect of experimental treatments on effective degradability of neutral detergent fiber

تیمارها Treatments	a[۲] (گرم بر گرم)	b[۳] (گرم بر گرم)	c[۴] (در ساعت)	[۵]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۲ $ED_{0.02}$	[۶]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵ $ED_{0.05}$	[۷]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۸ $ED_{0.08}$
اثرات اصلی Main effects						
رشد گیاه Growth stage						
مرحله قبل از گل‌دهی Before bloom stage	0.29[b]	0.59[b]	0.013[b]	0.45[b]	0.36[c]	0.32[b]
مرحله پنج درصد گل‌دهی 5 Percent bloom stage	0.30[a]	0.60[a]	0.014[a]	0.5[a]	0.38[b]	0.36[a]
مرحله خمیری و نرم Soft dough stage	0.31[a]	0.61[a]	0.015[a]	0.52[a]	0.4[a]	0.36[a]
P-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
اثر اختلاط گیاه Mixing effect						
ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد+سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75%	0.28[c]	0.57[c]	0.012[c]	0.43[d]	0.33[d]	0.30[c]
ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد+سورگوم ۵۰ درصد Fodder corn 50% + sorghum 50%	0.29[bc]	0.59[b]	0.012[c]	0.47[c]	0.37[c]	0.33[b]
ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد+سورگوم ۲۵ درصد Fodder corn 75% + sorghum 25%	0.31[a]	0.62[a]	0.015[b]	0.53[a]	0.40[b]	0.30[c]
ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Fodder corn 100%	0.32[a]	0.62[a]	0.017[a]	0.53[a]	0.43[a]	0.37[a]
سورگوم ۱۰۰ درصد Sorghum 100%	0.30[b]	0.59[b]	0.014[b]	0.50[b]	0.37[c]	0.37[a]
احتمال معناداری p-value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

ادامه جدول ۵

Continuation of Table 5

تیمارها Treatments	a[۲] (گرم بر گرم)	b[۳] (گرم بر گرم)	c[۴] (ساعت)	[۵]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۲ $ED_{0.02}$	[۶]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۵ $ED_{0.05}$	[۷]تجزیه‌پذیری مؤثر در نرخ عبور ۰/۰۸ $ED_{0.08}$
اثرات متقابل Interactions						
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 25% + sorghum 75%	0.2^{b}	0.5^{b}	0.01^{bc}	0.4^{c}	0.3^{c}	0.3^{b}
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.2^{b}	0.5^{b}	0.01^{bc}	0.5^{b}	0.4^{ab}	0.3^{b}
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Before bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.2^{b}	0.5^{b}	0.01^{bc}	0.4^{c}	0.3^{c}	0.3^{b}
مرحله قبل از گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Before bloom stage + fodder corn 100%	0.3^{a}	0.6^{a}	0.01^{bc}	0.5^{b}	0.4^{ab}	0.3^{b}
مرحله قبل از گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد Before bloom stage + sorghum 100%	0.3^{a}	0.6^{a}	0.01^{bc}	0.5^{b}	0.4^{ab}	0.4^{a}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Fodder corn 25% + sorghum 75% + 5 percent bloom stage	0.3^{a}	0.5^{b}	0.01^{bc}	0.5^{b}	0.4^{ab}	0.3^{b}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 50% + sorghum 50%	0.3^{a}	0.6^{a}	0.01^{bc}	0.5^{b}	0.4^{ab}	0.4^{a}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 75% + sorghum 25%	0.3^{a}	0.6^{a}	0.01^{bc}	0.6^{a}	0.4^{ab}	0.4^{a}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + fodder corn 100%	0.3^{a}	0.6^{a}	0.01^{bc}	0.5^{b}	0.4^{ab}	0.4^{a}
مرحله پنج درصد گل‌دهی× سورگوم ۱۰۰ درصد 5 Percent bloom stage + sorghum 100%	0.2^{b}	0.5^{b}	0.009^{c}	0.4^{c}	0.3^{c}	0.3^{b}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۲۵ درصد + سورگوم ۷۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 25% + sorghum 75%	0.2^{b}	0.5^{b}	0.01^{bc}	0.4^{c}	0.3^{c}	0.3^{b}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۵۰ درصد + سورگوم ۵۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 50% + sorghum 50%	0.2^{b}	0.5^{b}	0.007^{d}	0.4^{c}	0.3^{c}	0.3^{b}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۷۵ درصد + سورگوم ۲۵ درصد Soft dough stage+ fodder corn 75% + sorghum 25%	0.3^{a}	0.6^{a}	0.01^{bc}	0.6^{a}	0.5^{a}	0.4^{a}
مرحله خمیری و نرم × ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ fodder corn 100%	0.3^{a}	0.6^{a}	0.02^{a}	0.6^{a}	0.5^{a}	0.4^{a}
مرحله خمیری و نرم × سورگوم ۱۰۰ درصد Soft dough stage+ sorghum 100%	0.3^{a}	0.6^{a}	0.01^{bc}	0.6^{a}	0.4^{ab}	0.4^{a}
انحراف استاندارد SEM	0.004	0.006	0.001	0.001	0.004	0.002
احتمال معناداری P-Value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

[۱] میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (p<0.05).

[۲] بخش سریع تجزیه

[۳] بخش کند تجزیه

[۴] ثابت نرخ تجزیه

[1] Means within same column with different superscripts differ (P<0.05).

[2] Rapidly soluble fraction

[3] Potentially degradable insoluble fraction

[4] Degradation rate constant

[5, 6, 7] Effective degradability in passage rates of 0.02, 0.05 and 0.08 /h

References

1. Amer, S., Hassanat, F., Berthiaume, R., Seguin, P. & Mustafa, A. F. (2012). Effects of water soluble carbohydrate content on ensiling characteristics, chemical composition and *in vitro* gas production of forage millet and forage sorghum silages. *Animal Feed Science and Technology*, 177, 23–29. DOI: 10.22067/ijasr.2022.70346.1024
2. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. Vol. I. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
3. Bal, M .A., Coors, J.G. & Shaver, R. D. (1997). Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *Journal of Dairy Science*, *80*, 2497-2503.
4. Buysse, J., & Merckx, R. (1993). An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. *Journal of Experimental Botany*, *44*, 1627-1629.
5. Chen, L., Dong, Z., Li, J. & Tao, S. (2019). Ensiling characteristics, *in vitro* rumen fermentation, microbial communities and aerobic stability of low-dry matter silages produced with sweet sorghum and alfalfa mixtures. *Journal of Science Food Agriculture, 99,* 2140–2151.
6. Colombini, S., L. Rapetti, D., Colombo, GGalassi, M. & Crovetto. G.M. (2010). Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: nutritive value and comparison with corn silage in the diet. *Italian Journal of Animal Science, 9*, 273-277.
7. Costa, R. F., Pires, D. A. A., Moura, M. M. A., Rodrigues, J. A. S., Junior, V. R. R. & Tolentino, D. C. (2016). In situ degradability of dry matter and fibrous fraction of sorghum silage. Acta Scientiarum. *Animal Sciences*, *38*(2), 171-176.
8. Di Marco, O., Aello, M., Nomdedeu, M. & Van Houtte, S. (2002). Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and *in vitro*). *Animal Feed Science and Technology, 99,* 37–43.
9. Fariani, A., Warly, L., Matsui, T. A., Fujihara, T. & Harumoto, T. (1994). Rumen degradability of Italian Ryegrass (Lolium multiflorum, L) harvested at three different growth stages in sheep. Asian-Australian Journal of Animal Science, 7 (1), 41-48.
10. Javadi, H., Saberi, M.H., Azari nasrabad, A. & khosravi, S. (2010). Examination the effect of quantities and style of distribution of nitrogen manure on quanitative and qualitative characteristics of speed feed sorghum. *Journal of Iranian Animal Science, 8*, 384-392. (In Persian).
11. Johnson, L. M., Harrison, J. H., Davidson, D., Mahanna, W. C., Shinners, K. & Linder, D. (2002). Corn Silage Management: Effects of Maturity, Inoculation, and Mechanical Processing on Pack Density and Aerobic Stability. *Journal of Dairy Science*, *85*(2),434–444.
12. Jensen, C., Weisbjerg, M.R., Nørgaard, P. & Hvelplund, T. (2005). Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 118, 279–294.
13. Hurrell, R.F., Reddy, M.B., Juillerat, M. A. & Cook, J.D. (2003). Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*. *77*, 1213-1219.
14. Gul, I., Demirel, R., Kilicalp, N., Sümerli, M. & Kılıç. H. (2008). Effect of crop maturity stages on yield, silage chemical composition and in vivo digestibility of the maize, sorghum and sorghum-Sudan grass hybrids grown in semi-arid condition. *Journal of Animal and Veterinary Advances, 7*, 1021-1028.
15. Hadjipanayiotou, M., Antoniou, I., Theodoridou, M. & Photiou, A. (1996). In situ degradability of forages cut at different stages of growth. *Journal of Liveestoc Production Science, 45*, 49-53.
16. Khan, S. H., Azim, A., Sarwar, M. & Khan, A.G. (2011). Effect of maturity on comparative nutritive value and fermentation characteristics of maize, sorghum and millet silage. *Pakistan Journal of Botany*, *43*(6), 2967-2970.
17. Khan, S. H., Khan, G. A., Sarwar, M. & Azim, A. (2007). Effect of maturity on production efficiency, nutritive value and *in situ* nutrients digestibility of three cereal fodders. *International Journal of Agriculture Research, 2,* 900-909.
18. Klicalp, N., Hizli, H., Sumerli, M. & Avci, M. (2018). In situ rumen degradation characteristics of maize, sorghum and sorghum-Sudan grass hybrids silages as affected by stage of maturity. *Iranian Journal of Applied Animal Science, 8(2)*, 231-239.
19. Licitra, G., Hernandez, T.M. & Van soest, P.J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Journal of Animal Feed Science and Technology, 57,* 347-358.
20. Madrid, J., Martinez, A., Hernandez, F. & Megies, M. (1999). A comparative study on the determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, high-performance liquid chromatography and enzymatic methods. *Journal of Science Food Agriculture, 79*, 1722-1726.
21. McDonald, P. (1981). The biochemistry of silage. John Wiley and Sons, Ltd. Chichester, United Kingdom.
22. McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. & Morgan, C.A. (2002). Animal nutrition, 6th ed., John Willey & Sons, New York.
23. Nagaraja, T.G. & Titgemeyer, E.C. (2007). Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and

nutritional outlook. *Journal of Dairy Science, 90 (1),*E17-38.
24. Newman, Y., Erickson, J., Vermerris, W. & Wrigh, D. (2010). Forage sorghum (sorghum bicolor): overview and management. Florida cooperative extension service. Available at: http://edis.Ifas.ufl.Edu.
25. Ørskov, E. R. & McDonald, P. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science, 92*, 499-503.
26. Rafıuddın, A., Javed, M., Jabbar, K. Shahıd, M.A., Jan, M.Q.P., Khan, S., Ramzan, M.A. & Hamdullah, M. (2016). Impact of flowerıng stage on nutrıtıve value, physıcal qualıty and digestibility of sılages made from cereal fodders. *Applied Ecology Envıronmental Research, 14*: 149-157.
27. Rezvani Moghadam, M. & Nasiri mahalati, M. (2004). Examination of dry matter digestibility and persons of protein of three type of forage sorghum in different time of cut. *Iranian Animal Science Magazin*, 35, 787-796.
28. SA Institute. (2009). SAS User's Guide. Version 9.2. SAS Inst. Inc.,Cary, NC.
29. Tabacco, E., Borreani, G., Valente, M.E. & Peiretti, P.G. (2004). Dry matter and water soluble carbohydrate content of Italian rye grass at affected by environmental factors. *Italian Journal of Agronomy, 8*, 63-74.
30. Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Method for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science, 74*, 3583-3597.
31. Zhang, S.J., Chaudhry, A.S. Osman, A., Shi, C.Q., Edwards, G.R., Dewhurst, R.J. & Cheng, L. (2015). Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. *Animal Feed Science and Technology, 206*, 29-38.